

DIALOG(R)File 351:Derwent
(c) 2000 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011132005 **Image available**

WPI Acc No: 1997-109929/199711

XRPX Acc No: N97-090903

Laser beam intensity distribution method for materials processing - uses parallel sensor strips across cross section of beam and takes advantage of predetermined symmetry properties of intensity distribution

Patent Assignee: BLZ BAYERISCHES LASERZENTRUM GEMEINNUETZ (BLZB-N)

Inventor: KAUF M

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19528198	A1	19970206	DE 1028198	A	19950801	199711 B

Priority Applications (No Type Date): DE 1028198 A 19950801

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19528198	A1		9 G01J-001/20	

Abstract (Basic): DE 19528198 A

The method involves a laser beam (1) and uses sensors (2) placed in parallel strips in set positions (x 1-8) on an upright (g). This is set on a plane (E) across the beam cross-section (A). Thus the sensors form striped sections (Ai) of the beam.

The intensity measurement given by each sensor and the position of that sensor on the upright are electronically registered to show the intensity distribution. Uprights may be placed at different angles across the beam and the numeric inversion process used to further determine intensity distribution. By this method determination of intensity is independent of the laser's mode of operation and can be made from a single pulse.

USE/ADVANTAGE - For e.g. carbon dioxide laser. Intensity of laser beam can be determined regardless of mode of operation i.e. pulsed or scanning operation. Single measurement step.

Dwg.1/5

Title Terms: LASER; BEAM; INTENSITY; DISTRIBUTE; METHOD; MATERIAL; PROCESS; PARALLEL; SENSE; STRIP; CROSS; SECTION; BEAM; ADVANTAGE; PREDETERMINED; SYMMETRICAL; PROPERTIES; INTENSITY; DISTRIBUTE

Derwent Class: S03; V08

International Patent Class (Main): G01J-001/20

International Patent Class (Additional): G01N-023/207

File Segment: EPI

THIS PAGE BLANK (USPTO)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 195 28 198 A 1

51 Int. Cl.®:
G 01 J 1/20
G 01 N 23/207
// A61B 6/03

21 Aktenzeichen: 195 28 198.5
22 Anmeldetag: 1. 8. 95
43 Offenlegungstag: 6. 2. 97

DE 195 28 198 A 1

71 Anmelder:

BLZ Bayerisches Laserzentrum Gemeinnützige
Forschungsgesellschaft mbH, 91058 Erlangen, DE

72 Erfinder:

Kauf, Michael, 90587 Obermichelbach, DE

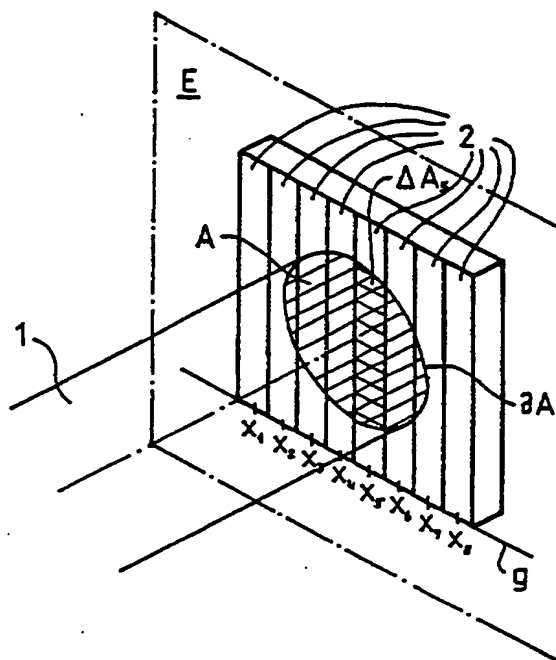
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

US 48 71 250
US 46 93 599
EP 03 50 595 A2

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

54 Verfahren zur Bestimmung der Intensitätsverteilung eines Laserstrahls

57 Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Bestimmung der Intensitätsverteilung eines Laserstrahls (1) mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 werden Sensoren (2) an bestimmten Positionen (x_i) längs einer Geraden (g) in einer Strahlquerschnittsebene E angeordnet, wodurch die Sensoren (2) streifenförmige Abschnitte (ΔA_i) der Strahlquerschnittsfläche (A) des Laserstrahls (1) erfaßt werden. Der Meßwert (3) jedes Sensors (2) wird registriert und der Position (x_i) des jeweiligen Sensors (2) auf der Geraden (g) zugeordnet, wobei diese Zuordnung eine Projektion (p) der Intensitätsverteilung (I) des Laserstrahls (1) darstellt. Es werden Projektionen (p_i) mit voneinander verschiedenen Richtungen der Geraden (g_i) in der Strahlquerschnittsebene E ermittelt und dann aus diesen Projektionen (p_i) die Intensitätsverteilung (I) des Laserstrahls (1) mittels numerischer Inversionsverfahren und unter Ausnutzung von vorgegebenen Symmetrieeigenschaften der Intensitätsverteilung (I) des Laserstrahls (1) bestimmt. Dadurch ist die Bestimmung der Intensitätsverteilung (I) eines Laserstrahls (1) unabhängig von der Betriebsart des Lasers, d. h. die Information über die Intensitätsverteilung (I) kann aus einem einzigen Einzelpuls gewonnen werden.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 98 802 066/171

5/25

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der Intensitätsverteilung eines Laserstrahls, bei dem mindestens ein leistungsreduzierter Diagnosestrahl vom Hauptstrahl abgezweigt werden kann, bei dem ein Teil der Strahlungsenergie absorbierende Sensoren an vorbestimmten Positionen angeordnet werden, und bei dem aus Meßwerten der Sensoren auf die Intensitätsverteilung des Laserstrahls rückgeschlossen wird.

Ein zunehmendes Qualitätsbewußtsein in der produzierenden Industrie erfordert eine ständige Überwachung der Produktionsmittel. Dies gilt insbesondere auch für die Lasermaterialbearbeitung, bei der eine fortwährende Kontrolle der Laserstrahlparameter für eine hohe Qualität des Bearbeitungsergebnisses notwendig ist. Wichtige Laserstrahlparameter sind die Gesamtstrahlungsleistung, die Lage des Strahlzentrums sowie der Strahlradius, die alle aus der Intensitätsverteilung des Laserstrahls errechnet werden können.

Für die Überwachung von Lasern für die Materialbearbeitung bei hohen Leistungen, etwa von CO₂-Lasern, mit einer Laserwellenlänge von 10,6 µm sind nur wenige Detektortypen einsetzbar. Am gebräuchlichsten sind thermische Detektoren, während Quantendetektoren wegen ihrer aufwendigen Kühlung nur im Labor verwendet werden. Der wesentliche Nachteil dieser bekannten Detektoren ist, daß sie zu einem wirtschaftlich zu rechtfertigenden Preis nicht als Arrays mit genügend vielen Einzelelementen, etwa 100 × 100, zur Verfügung stehen, was für eine ausreichende Ortsauflösung der Intensitätsverteilung eines Laserstrahls erforderlich wäre. Dieses Problem wird umgangen, indem der Strahlquerschnitt abschnittsweise durch aufeinanderfolgende Meßschritte unter Verwendung von nur wenigen Detektoren erfaßt wird.

So ist aus der DE-PS 38 12 091 C1 ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Laserstrahls bekannt, bei dem der Sensor auf einer vorbestimmten Bahn schrittweise zwischen Strahlrand und Strahlzentrum bewegt wird, bei dem nach jedem Schritt der Meßwert des Sensors registriert und zur Bestimmung des Strahlrands und daraus der Lage der Strahlachse weiterverarbeitet wird. Zur Durchführung des Verfahrens wird eine Vorrichtung angegeben, bei der die Sensoren zwei Drahtpaare sind, die auf motorisch verschiebbaren Gleitvorrichtungen befestigt sind. Dieses Verfahren ist auf die Bestimmung der Strahlage von Laserstrahlen mit rotationssymmetrischer, elliptischer oder rechteckförmiger Intensitätsverteilung beschränkt. Außerdem kann damit nicht die Intensitätsverteilung des Laserstrahls in einer Strahlquerschnittsebene bestimmt werden.

Eine Einrichtung zum Erfassen der radialen Intensitätsverteilung einer Laserstrahlung ist aus der DE-PS 35 32 047 C2 bekannt. Ein rotierender Wellenleiter kreuzt den Laserstrahl und führt einen dabei erfaßten Teilstrahl der Laserstrahlung einem in der Drehachse fest angeordneten Detektor zu. Durch einen Schrittmotor ist die Einrichtung verschiebbar, wodurch sukzessive der gesamte Strahlquerschnitt erfaßt wird. Nachteilig an dieser bekannten Einrichtung ist, daß zur Erfassung der Intensitätsverteilung über den gesamten Strahlquerschnitt eine relativ ausgedehnte Meßzeit erforderlich ist.

An beiden bekannten Erfindungen ist von Nachteil, daß sie beim Einsatz eines Lasers im Tast- oder Pulsbetrieb durch die zeitliche Versetzung der Messungen bei

jedem Schritt den Strahlquerschnitt eines anderen Laserpulses erfassen. Es ist also nicht möglich, eine Momentaufnahme der Intensitätsverteilung über den gesamten Strahlquerschnitt zu erfassen. Insbesondere läßt die Eignung für einen Dauerbetrieb bei kurzer Meßwiederholungsfrequenz, die für eine verlässliche online-Kontrolle von Laserparametern notwendig ist, zu wünschen übrig.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das die Bestimmung der Intensitätsverteilung eines Laserstrahls unabhängig von der Betriebsart des Lasers, das heißt auch bei einem gepulsten oder getasteten Laserstrahl, ermöglicht. Die Intensitätsverteilung soll über die gesamte Strahlquerschnittsfläche bereits durch einen einzigen Meßschritt erfaßt werden können.

Die genannte Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Sensoren an bestimmten Positionen längs einer Geraden in einer Strahlquerschnittsebene angeordnet werden, wodurch die Sensoren streifenförmige Abschnitte der Strahlquerschnittsfläche des Laserstrahls erfassen, daß der Meßwert jedes Sensors registriert und der Position des jeweiligen Sensors auf der Geraden zugeordnet wird, wobei diese Zuordnung eine Projektion der Intensitätsverteilung des Laserstrahls auf die Gerade darstellt, daß Projektionen mit voneinander verschiedenen Richtungen der Geraden in der Strahlquerschnittsebene ermittelt werden, und daß dann aus diesen Projektionen die Intensitätsverteilung des Laserstrahls mittels numerischer Inversionsverfahren und unter Ausnutzung von vorgegebenen Symmetrieeigenschaften der Intensitätsverteilung des Laserstrahls bestimmt wird. Durch eine gleichzeitige Aufnahme der notwendigen Projektionen kann die Intensitätsverteilung eines Laserstrahls aus einem Meßschritt rekonstruiert werden. Dies hat den Vorteil, daß die Information über die Intensitätsverteilung eines Laserstrahls beispielsweise im Pulsbetrieb bereits aus einem Einzelimpuls gewonnen werden kann. Die kurze Meßdauer bietet auch die Möglichkeit die Messungen in kurzen Intervallen durchzuführen.

Vorteilhafterweise wird das erfindungsgemäße Verfahren so durchgeführt, daß die Meßwerte durch eine in einer Strahlquerschnittsebene liegende, sich über den Rand der Strahlquerschnittsfläche hinaus erstreckende Anordnung von dicht aneinandergereihten, je eine rechteckförmige Meßfläche aufweisenden Sensoren erfaßt werden. Dabei wird der gesamte Strahlquerschnitt in seiner realen Größe auf eine Sensoranordnung ohne optische Komponenten abgebildet, die eine hohe Ortsauflösung der Projektion und damit der daraus gewonnenen Intensitätsverteilung ermöglicht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Anordnung von Sensoren insbesondere durch parallel verlaufende, mit einer Meßspannung beaufschlagte Drähte gebildet, wobei als Meßwert eine der von einem Draht absorbierten Laserstrahlenergie entsprechenden Änderung der Meßspannung erfaßt wird. Das Verfahren läßt sich mit einem Drahtgitter als Sensoranordnung besonders einfach und kostengünstig durchführen und kann auch im Hauptstrahl angewandt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Meßwerte durch Abbildung der Strahlquerschnittsfläche mittels einer Zylinderlinse auf eine zeilenförmige Anordnung von dicht aneinandergereihten, je eine etwa quadratische Meßfläche aufweisenden Sensoren erfaßt. Durch Vorschaltung einer Zylinderlinse kann die Strahlquer-

schnittsfläche auch an eine weniger ausgedehnte, zeilenförmige Sensoranordnung angepaßt werden. Dies ermöglicht den Einsatz preiswerter thermischer Detektoren oder schneller Quantendetektoren, die zwar nicht als Array jedoch als Zeile erhältlich sind.

Bei einer rotationssymmetrischen Intensitätsverteilung des Laserstrahls muß vorteilhafterweise nur eine Projektion bestimmt werden, wobei die Lage der Geraden in der Strahlquerschnittsebene beliebig gewählt werden kann. Für den in der Praxis am häufigsten auftretenden Fall einer Rotationssymmetrie wird damit die Durchführung des Verfahrens besonders einfach und schnell.

Auch bei einer achsensymmetrischen Intensitätsverteilung des Laserstrahls mit zwei aufeinander senkrecht stehenden Symmetrieachsen müssen bei einem erfindungsgemäßen Verfahren nur zwei Projektionen bestimmt werden, wobei die Geraden parallel zu den Symmetrieachsen gewählt werden müssen. Dadurch bleibt das Verfahren auch für elliptische und rechteckförmige Intensitätsverteilungen, die neben rotationssymmetrischen Verteilungen in kommerziellen Lasersystemen am häufigsten vorkommen, einfach durchzuführen.

Vorteilhafterweise wird zur Bestimmung mehrerer Projektionen einer Intensitätsverteilung eines Laserstrahls die Gerade einer Anordnung von Sensoren, gegebenenfalls zusammen mit der Zylinderlinse, nach jeder Messung um einen vorgebbaren Winkel in einer Strahlquerschnittsebene gedreht. In dieser Ausgestaltung wird nur eine Anordnung von Sensoren benötigt, die zur Aufnahme jeweils einer weiteren Projektion in eine andere Richtung geschwenkt wird. Diese Variante des Verfahrens läßt sich beispielsweise mittels eines Schrittmotors durchführen.

Sollen mehrere Projektionen einer Intensitätsverteilung eines Laserstrahls gleichzeitig bestimmt werden, so wird vorzugsweise für jede Projektion je ein gesonderter abgezwigter Teilstrahl, gegebenenfalls nach Abbildung durch je eine Zylinderlinse, durch eine Anordnung von Sensoren mit voneinander verschiedenen Richtungen der Geraden erfaßt. Somit kann das erfindungsgemäße Verfahren auch bei der Bestimmung mehrerer Projektionen, etwa für eine unsymmetrische Intensitätsverteilung, in sehr kurzer Zeit durchgeführt werden.

In einer anderen Weiterbildung der Erfindung werden aus einer ermittelten Intensitätsverteilung eines Laserstrahls durch mathematische Verfahren die Gesamtleistung des Laserstrahls als Integral der Intensitätsverteilung über die Strahlquerschnittsebene, der Ort des Strahlzentrums als Schwerpunkt der Intensitätsverteilung sowie der Strahlradius als Radius desjenigen Kreises um den Schwerpunkt, über dessen Fläche die Intensitätsverteilung aufintegriert 86% der Gesamtleistung ergibt, errechnet. Mit der Intensitätsverteilung liefert das erfindungsgemäße Verfahren also auch die von ihr abhängigen Strahlparameter, die beispielsweise zur Überwachung eines Materialbearbeitungsvorgangs von unmittelbarer Bedeutung sind.

Vorteilhafterweise wird das erfindungsgemäße Verfahren während eines mit dem Laserstrahl erfolgenden Bearbeitungsvorgangs eines Werkstückes durchgeführt und der dabei bestimmten Ort des Strahlzentrums und der bestimmte Strahlradius als Vergleichswerte für die Regelung dieser Strahlparameter herangezogen. Dadurch können die Strahlparameter beim Bearbeitungsprozeß konstant gehalten werden, um eine hohe Qualität im Bearbeitungsergebnis zu ermöglichen.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf

Ausführungsbeispiele in der Zeichnung verwiesen. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer ersten erfindungsgemäßen Sensoranordnung,

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung einer Intensitätsverteilung mit zugehöriger Projektion,

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung einer zweiten erfindungsgemäßen Sensoranordnung mit Zylinderlinse,

Fig. 4 eine Folge von Sensoranordnungen zur Aufnahme mehrerer Projektionen einer Intensitätsverteilung,

Fig. 5 eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung einer gleichzeitigen Aufnahme mehrerer Projektionen.

Gemäß Fig. 1 sind zur Bestimmung der Intensitätsverteilung eines Laserstrahls 1 acht Sensoren 2 dicht aneinandergereiht an bestimmten Positionen x_i , $i = 1, \dots, 8$, längs einer Geraden g in einer Strahlquerschnittsebene E angeordnet. Jeder Sensor 2 weist eine in der Strahlquerschnittsebene E liegende rechteckförmige Meßfläche auf, wobei die gesamte Anordnung von Sensoren 2 sich über den Rand ∂A der Strahlquerschnittsfläche A hinaus erstreckt. Dadurch erfassen die Sensoren 2 streifenförmige Abschnitte ΔA_i , $i = 1, \dots, 8$, der Strahlquerschnittsfläche A . Als Sensoren 2 sind Thermoelemente eingesetzt, es können aber ebenso Bolometer oder ternäre Halbleiterdetektoren verwendet werden.

In Fig. 2 ist die Strahlquerschnittsebene E samt Anordnung rechteckförmiger Sensorenmeßflächen gegenüber Fig. 1 um 90° gedreht dargestellt und mit einem zweidimensionalen x - y -Koordinatensystem versehen, wobei die x -Achse parallel zur Geraden g gewählt wurde. In die dritte Dimension ist eine Gaußsche Intensitätsverteilung $I = I(x, y)$ eines Laserstrahls 1 aufgetragen, die sich über der Strahlquerschnittsfläche A erhebt. Über der Geraden g ist eine Projektion $p = p(x_i)$, $i = 1, \dots, 8$, aufgetragen. Der Sensor 2 an der Position x_5 erfaßt beispielweise als Meßwert 3 denjenigen Anteil an Strahlungsintensität, der auf den Abschnitt ΔA_5 der Strahlquerschnittsfläche A entfällt. Die Projektion $p(x, y)$ ist also als Flächenintegral der Intensitätsverteilung $I(x, y)$ über die Abschnitte ΔA_5 der Strahlquerschnittsfläche A zu verstehen. Die Ortsauflösung dieser diskreten Verteilung p kann also über die Streifenbreite der rechteckförmigen Meßflächen der Sensoren 2 vorgegeben werden.

Gemäß Fig. 3 wird ein Laserstrahl 1 auf eine Anordnung von längs einer Geraden g in einer Strahlquerschnittsebene E dicht aneinandergereihten Sensoren 2 durch eine Zylinderlinse 4 abgebildet. Dadurch wird die etwa kreisförmige Strahlquerschnittsfläche A von zeilenförmig angeordneten, jeweils eine etwa quadratische Meßfläche aufweisenden Sensoren 2 aufgenommen. Entsprechend der Abbildungseigenschaften der Zylinderlinse 4 wird der Abschnitt ΔA und damit der auf ihn abfallende Teil der Strahlungsintensität gebündelt und von einem Sensor 2 aufgenommen. Die Projektion p entsteht analog zu Fig. 2. Durch den gezielten Einsatz optischer Komponenten läßt sich also die Strahlgeometrie an die Dimensionierung der Sensoren 2 anpassen.

Zur Bestimmung der Intensitätsverteilung eines Laserstrahls 1 mit elliptischer Strahlquerschnittsfläche A ist die Aufnahme mehrere Projektionen p_i erforderlich. In den Fig. 4A bis Fig. 4F ist sind Anordnungen von Sensoren 2 längs Geraden g_i , $i = 1, \dots, 6$, sowie die jeweils zugehörigen, in die Zeichenebene geklappten Projektionen p_i , $i = 1, \dots, 6$, dargestellt. Die Lage der Anordnung einer Figur unterscheidet sich von der jeweils vor-

angehenden durch Drehung der Geraden g_i um jeweils $\alpha = 30^\circ$. Bei weiterer Drehung um 30° für eine siebente Ausrichtung würde sich die gleiche Projektion wie bei Fig. 4A ergeben. Man erkennt, daß aufgrund der Symmetrie der Ellipse die Projektionen p_2 und p_4 beziehungsweise p_3 und p_5 einander entsprechen. Aus dem formalen Zusammenhang der Radon-Inversion, der allgemeinen Inversionsbeziehung für die Rekonstruktion einer Verteilung aus Projektionen der Verteilung, läßt sich sogar ableiten, daß im Falle einer elliptischen Intensitätsverteilung I bereits die Projektionen p_1 und p_4 längs der Symmetrieachsen zur Berechnung genügen.

Sollen die zur Rekonstruktion einer Intensitätsverteilung I eines Laserstrahls 1 notwendigen Projektionen p gleichzeitig aufgenommen werden, so werden gemäß Fig. 5 durch Strahlteiler 5 entsprechend viele Teilstrahlen 1 vom Hauptstrahl 1 abgezweigt. Jeder Teilstrahl 1 wird von einer Anordnung von Sensoren 2 erfaßt, die sich jeweils durch die Richtungen ihrer Geraden g voneinander unterscheiden. In Fig. 5 sind die Sensoranordnungen jeweils in die Ebene der Laserstrahlen 1 geklappt. Die Punkte sollen andeuten, daß je nach gewünschter Ortsauflösung und vorgegebener Symmetrie der zu bestimmenden Intensitätsverteilung I eine zur Rekonstruktion hinreichende Anzahl von Projektionen aufzunehmen ist.

Bezugszeichenliste

1 Laserstrahl	30
2 Sensor	
3 Meßwert	
4 Zylinderlinse	
5 Strahlteiler	
E Strahlquerschnittsebene	35
A Strahlquerschnittsfläche	
ΔA_i Abschnitte von A	
δA Rand von A	
g, g_i Geraden	
x_i Positionen	40
α Winkel	
x, y Koordinaten in E	
$I = I(x, y)$ Intensitätsverteilung	
p, p_i Projektionen	
P Gesamtleistung	45
Z Strahlzentrum	
r Strahlradius	

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Intensitätsverteilung eines Laserstrahls, bei dem mindestens ein leistungsreduzierter Diagnosestrahl von einem Hauptstrahl abgezweigt werden kann, bei dem einen Teil der Strahlungsenergie absorbierende Sensoren an vorbestimmten Positionen angeordnet werden, und bei dem aus Meßwerten der Sensoren auf die Intensitätsverteilung des Laserstrahls rückgeschlossen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (2) an bestimmten Positionen (x_i) längs einer Geraden (g) in einer Strahlquerschnittsebene (E) angeordnet werden, wodurch die Sensoren (2) streifenförmige Abschnitte (ΔA_i) der Strahlquerschnittsfläche (A) des Laserstrahls (1) erfassen, daß der Meßwert (3) jedes Sensors (2) registriert und der Position (x_i) des jeweiligen Sensors (2) auf der Geraden (g) zugeordnet wird, wobei diese Zuordnung eine Projektion (p) der Intensitätsver-

teilung (I) des Laserstrahls (1) auf die Gerade (g) darstellt, daß Projektionen (p_i) mit voneinander verschiedenen Richtungen der Geraden (g_i) in der Strahlquerschnittsebene (E) ermittelt werden, und daß dann aus diesen Projektionen (p_i) die Intensitätsverteilung (I) des Laserstrahls (1) mittels numerischer Inversionsverfahren und unter Ausnutzung von vorgegebenen Symmetrieeigenschaften der Intensitätsverteilung (I) des Laserstrahls (1) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwerte (3) durch eine in einer Strahlquerschnittsebene (E) liegende, sich über den Rand (δA) der Strahlquerschnittsfläche (A) hinaus erstreckende Anordnung von dicht aneinandergereihten, je eine rechteckförmige Meßfläche aufweisenden Sensoren (2) erfaßt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung von Sensoren (2) insbesondere durch parallel verlaufende, mit einer Meßspannung beaufschlagte Drähte gebildet wird, wobei als Meßwert (3) eine der von einem Draht absorbierten Laserstrahlungsenergie entsprechende Änderung der Meßspannung erfaßt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwerte (3) durch Abbildung der Strahlquerschnittsfläche (A) mittels einer Zylinderlinse (4) auf eine zeilenförmige Anordnung von dicht aneinandergereihten, je eine etwa quadratische Meßfläche aufweisenden Sensoren (2) erfaßt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer rotationsymmetrischen Intensitätsverteilung (I) des Laserstrahls (1) nur eine Projektion (p) bestimmt werden muß, wobei die Lage der Geraden (g) in der Strahlquerschnittsebene (E) beliebig gewählt werden kann.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer achsensymmetrischen Intensitätsverteilung (I) des Laserstrahls (1) mit zwei aufeinander senkrecht stehenden Symmetrieachsen zwei Projektionen (p_i) bestimmt werden müssen wobei die Geraden (g_i) parallel zu den Symmetrieachsen gewählt werden müssen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung mehrerer Projektionen (p_i) einer Intensitätsverteilung (I) eines Laserstrahls (1) die Gerade (g) einer Anordnung von Sensoren (2), gegebenenfalls zusammen mit der Zylinderlinse (4), nach jeder Messung um einen vorgebbaren Winkel (α) in einer Strahlquerschnittsebene (E) gedreht wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur gleichzeitigen Bestimmung mehrerer Projektionen (p_i) einer Intensitätsverteilung (I) eines Laserstrahls (1) für jede Projektion (p_i) je ein gesonderter abgezweigter Teilstrahl (1), gegebenenfalls nach Abbildung durch je eine Zylinderlinse (4), durch eine Anordnung von Sensoren (2) mit voneinander verschiedenen Richtungen der Geraden (g_i) erfaßt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß aus einer ermittelten Intensitätsverteilung (I) eines Laserstrahls (1) durch mathematische Verfahren die Gesamtleistung (P) des Laserstrahls (1) als Integral der Intensitätsver-

teilung (I) über die Strahlquerschnittsebene (E), der Ort des Strahlzentrums (Z) als Schwerpunkt der Intensitätsverteilung (I) sowie der Strahlradius (r) als Radius desjenigen Kreises um das Strahlzentrum (Z), über dessen Fläche die Intensitätsverteilung (I) aufintegriert 86% der Gesamtleistung (P) ergibt, errechnet werden. 5

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß es während eines mit dem Laserstrahl (1) erfolgenden Bearbeitungsvorgangs eines Werkstückes durchgeführt wird und der dabei bestimmte Ort des Strahlzentrums (Z) sowie der bestimmte Strahlradius (r) als Vergleichswerte für die Regelung dieser Strahlparameter herangezogen werden. 10 15

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

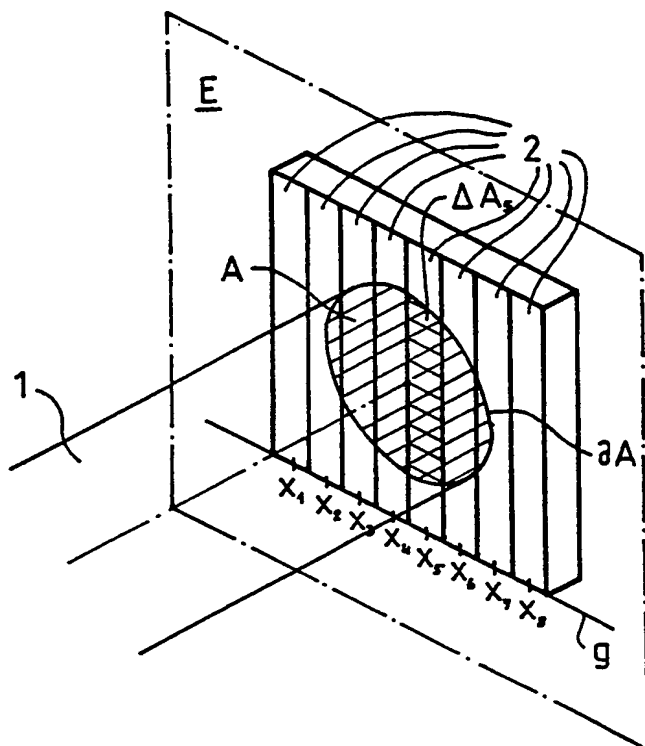


FIG 1

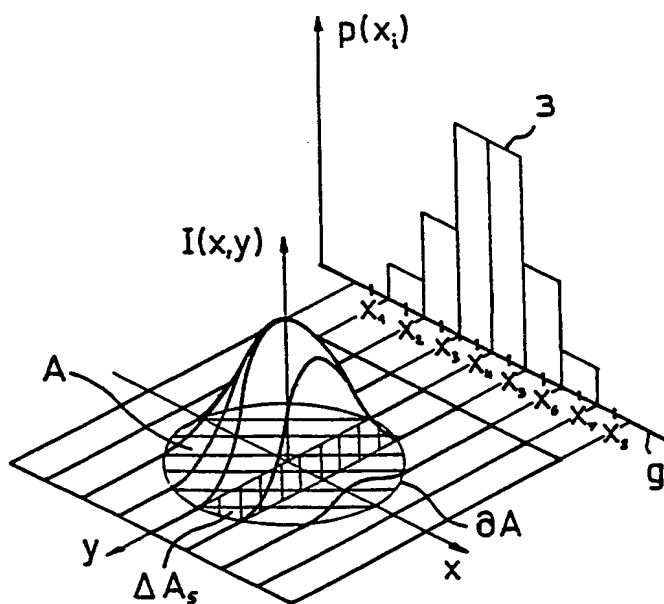


FIG 2

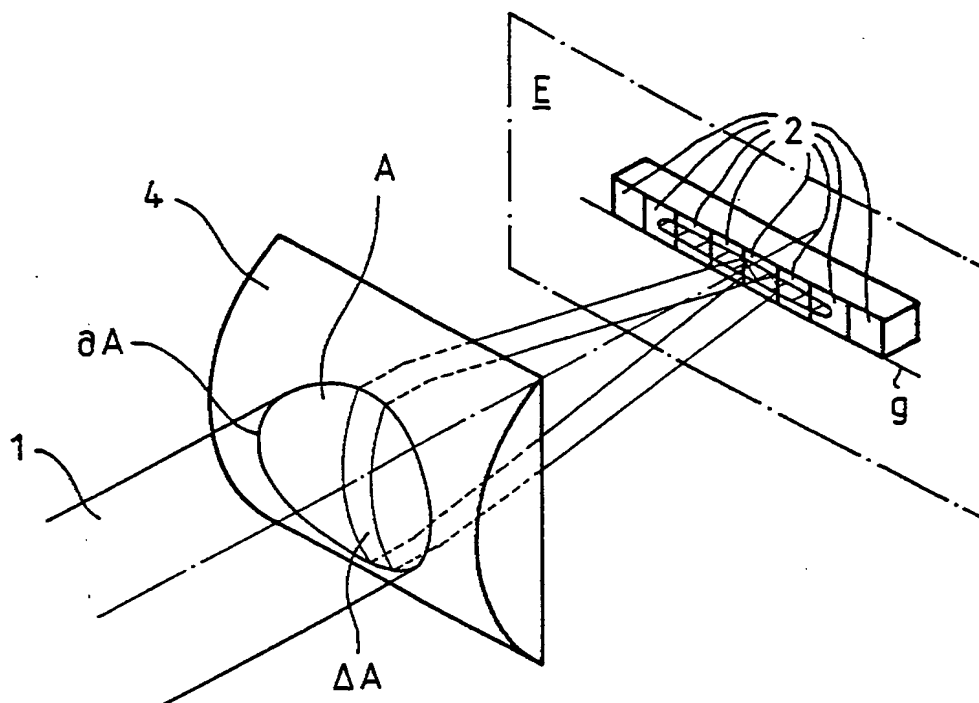


FIG 3

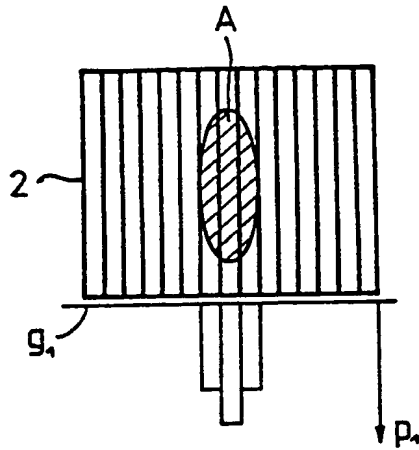


FIG 4A

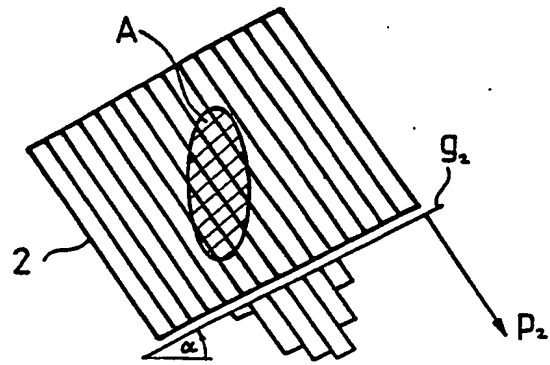


FIG 4B

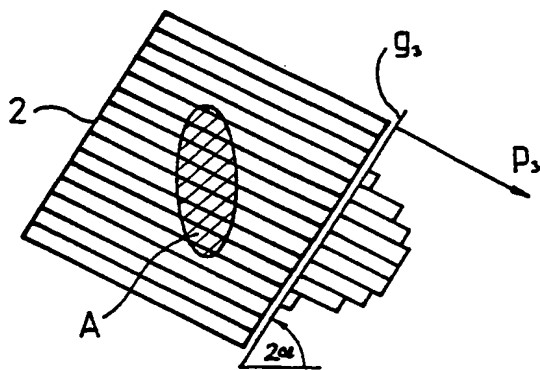


FIG 4C

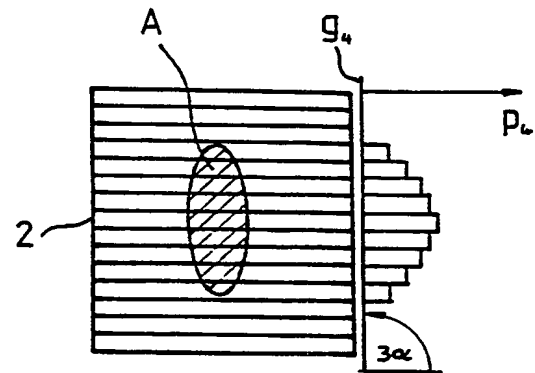


FIG 4D

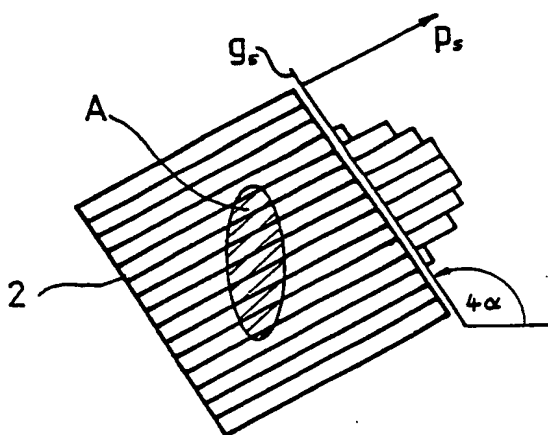


FIG 4E

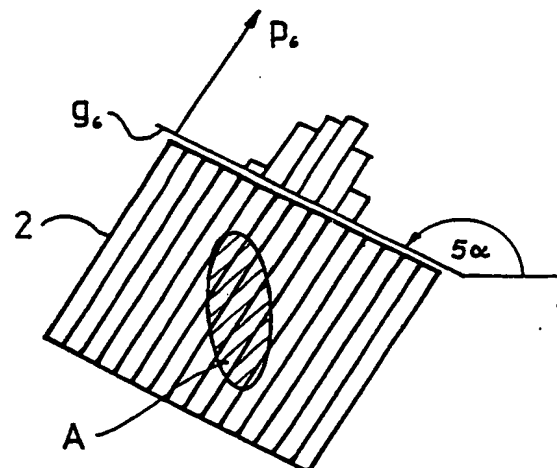


FIG 4F

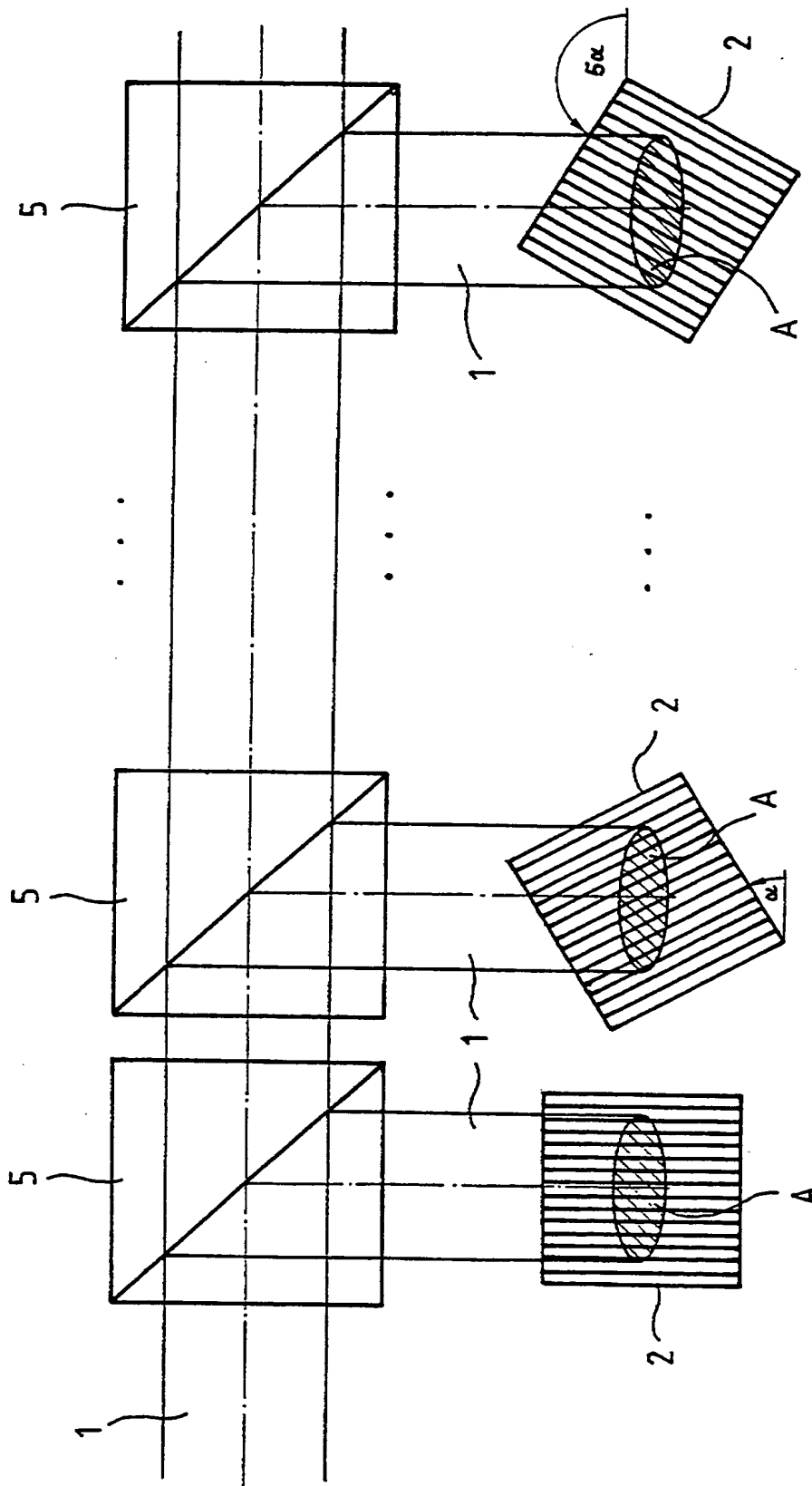


FIG. 5